

# STUDI KESEIMBANGAN AIR DI PULAU JAWA

Bambang Triatmodjo<sup>1</sup>

## ABSTRACT

Java as one of five principal islands in Indonesia, is only 6.9 % of the total area. However there is 60 % of total population or about 115 millions. Therefore Java is the most important island and the most developed area. This condition induces the increase in water demand, while the water availability is constant or decrease.

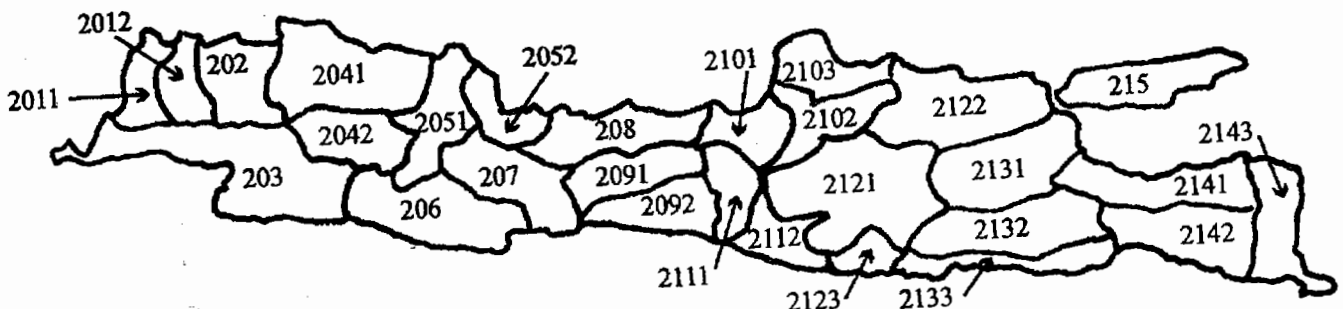
Study of water resources development in Java needs data of water balance. The study of water balance consist of calculation of the water availability and of the water demand. According to the regulation of the Ministry of Public Works, Java is divided into 15 river territories or SWS. These 15 SWS are divided further into 28 river basin (DPS). The water balance is analysed in each DPS. This water balance analysis is made by assuming that : no reservoir or pond for water storage, no water transfer between basins, priority order for water demand is domestic, non domestic and industry as the first and followed by river maintenance, fish, livestock and irrigation. Monthly water balance in each DPS for every five year period are calculated through 1995 to 2020.

The results of the study show that for annual basis consideration, Java is surplus of water about 64.5 billion  $m^3$ /year in 1995. In the predicted year of 2020 the surplus of water is about 60 billions  $m^3$ /year. For monthly basis consideration most of DPS is deficit of water in dry season. By increasing the irrigation efficiency from 0.5 to 0.65, we will be able to save about 31.3 billion  $m^3$ /year.

## PENDAHULUAN

Data keseimbangan air di suatu SWS (Satuan Wilayah Sungai) merupakan modal dasar dalam menyusun strategi pengelolaan air, terutama di SWS di mana kompetisi pemakaian air sudah sangat tinggi. Di Pulau Jawa dengan jumlah penduduk yang sangat besar dan perkembangan industri yang sangat pesat menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan pemukiman dan kebutuhan air. Sementara itu ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan tersebut semakin berkurang. Untuk itu diperlukan studi keseimbangan air di seluruh SWS di Pulau Jawa

Studi ini diharapkan bisa memberikan masukan mengenai kondisi keairan di setiap SWS di Pulau Jawa. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik maka hitungan keseimbangan air dilakukan dengan membagi SWS tersebut menjadi Daerah Aliran Sungai (DPS), dengan mengacu pembagian DPS menurut Nippon Koei Co., Ltd. (1995). Gambar 1 menunjukkan pembagian DPS tersebut, sedang Tabel 1 adalah nama-nama DPS dan luasnya. Untuk analisis kebutuhan air diperlukan data luas daerah irigasi, jumlah penduduk, jumlah ternak, luas tambak. Dalam Tabel 1 tersebut diberikan pula data luas daerah irigasi dan jumlah penduduk.



Gambar 1. Pembagian SWS dan DPS

<sup>1</sup> Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, Dosen Jurusan Teknik Sipil FT UGM dan Staff Ahli PAU-IT-UGM

Tabel 1. Pembagian Sub WS dan data yang berkaitan

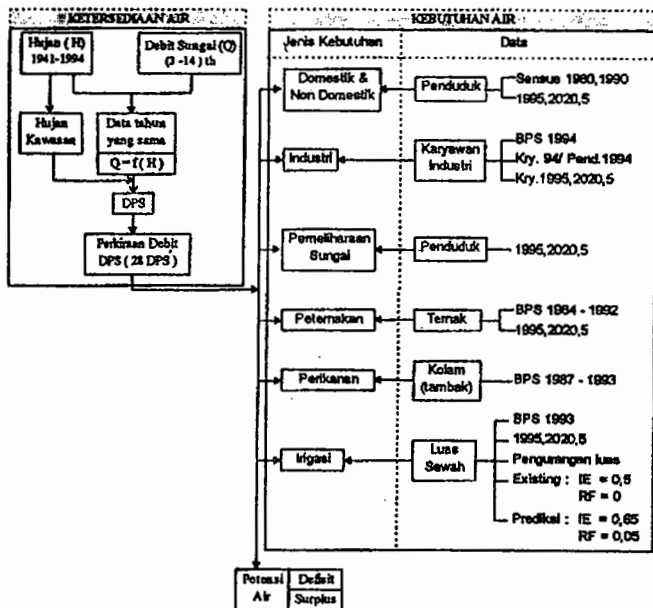
Propinsi	Kode SWS	Nama WS	Kode DPS	Nama DPS	Luas DPS (km <sup>2</sup> )	Luas Irigasi (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (x1000)
Jawa Barat	201	Ciujung-Ciliman	2011	Labuhan Merak	2447	307,1	1332,70
			2012	Ciujung	2499	284,4	1307,24
DKI Jakarta	202	Cisadane-Ciliwung	2020	Cisadane-Ciliwung	4012	668,5	14106,47
Jawa Barat	203	Cisadeg-Cikuningan	2030	Cisadeg-Cikuningan	10121	1022,2	5122,62
Jawa Barat	204	Citarum	2041	Citarum Hulu	4073	650,1	5618,10
			2042	Citarum Hilir	7994	2800,0	7757,38
Jawa Barat	205	Cimanuk	2051	Cimanuk	4341	1235,0	3273,82
			2052	Cisanggarung	2573	928,4	3412,12
Jawa Barat	206	Ciwulan	2060	Ciwulan	6510	896,0	4405,30
Jawa Barat	207	Citanduy	2070	Citanduy	5226	733,7	3608,58
Jawa Tengah	208	Pemali Comal	2080	Pemali Comal	4936	1200,5	5104,73
Jawa Tengah	209	Serayu	2091	Serayu	3769	505,1	3114,11
			2092	Lukulo Dulang	3681	658,9	2922,81
Jawa Tengah	210	Jratunseluna	2101	Buyaran	3113	610,3	3512,37
			2102	Serang-Lusi	3794	485,1	3041,33
			2103	Kali Juana	3558	711,4	2562,42
Jawa Tengah	211	Progo-Opak-Oyo		Progo	2762	630,4	2410,88
				Opak-Oyo	2622	396,5	2506,40
Jawa Tengah	212	Bengawan Solo	2121	Bengawan Solo Hulu	10010	2385,6	8334,27
			2122	Bengawan Solo Hilir	7989	1104,0	5202,99
			2123	Grindulu Panggul	1607	103,3	666,22
Jawa Timur	213	Brantas	2131	Brantas Hilir	6275	1916,7	6558,94
			2132	Brantas Hulu	5830	952,9	4971,72
			2133	Lumini Panguluran	3073	409,6	2010,44
Jawa Timur	214	Pekalen Sampean	2141	Pekalen Sampean	4759	1065,9	3232,84
			2142	Badadung	5142	1105,3	3110,58
			2143	Bajulputih	5068	1034,4	2496,33
Jawa Timur	215	Madura	2150	Madura	5669	259,1	3352,76
Jumlah					133480	25060,6	115056,46

Studi dilakukan dengan menganalisis ketersediaan air dan kebutuhan air di setiap DPS pada saat ini (1995) dan beberapa tahun prediksi (tahun 2000, 2005, 2010, 2015, 2020). Gambar 2 menunjukkan bagan alir dari studi ini. Bagan alir tersebut terdiri dari dua bagian, yaitu bagian ketersediaan air dan bagian kebutuhan air yang meliputi jenis kebutuhan dan data yang diperlukan untuk memperkirakan masing-masing jenis kebutuhan air.

#### KETERSEDIAAN AIR

Beberapa data yang diperlukan untuk memperkirakan ketersediaan air di DPS adalah data iklim (hujan dan klimatologi), data debit sungai dan

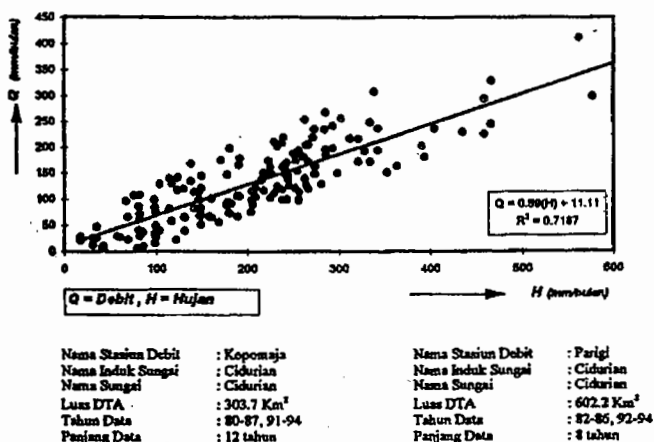
luas DPS. Data iklim meliputi data hujan, kecepatan angin, lama penyinaran matahari dan temperatur udara. Dalam studi ini dapat dikumpulkan 848 stasiun hujan dengan lama pencatatan yang bervariasi, dengan data terpanjang tercatat dari tahun 1941 sampai 1994. Data klimatologi diperoleh dari 116 stasiun pencatatan dengan lama pencatatan bervariasi dari 6 sampai 18 tahun. Data hujan di setiap stasiun dalam DPS diratakan dengan cara rerata aritmatik untuk mendapatkan hujan rerata kawasan, hujan andalan 80% dan 90%. Data klimatologi digunakan untuk menghitung evapotranspirasi dengan menggunakan metode Penman Montheit. Data ini digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi.



Gambar 2. Bagan alir studi keseimbangan air di Pulau Jawa

Data debit sungai digunakan untuk mengetahui fluktuasi aliran sepanjang tahun dan untuk membuat hubungan hujan-limpasan. Panjang pengukuran data debit bervariasi antara 3 sampai 14 tahun.

Dari data hujan bulanan dan data debit bulanan pada tahun yang sama, untuk setiap DPS dibuat suatu persamaan yang memberikan hubungan antara keduanya dengan menggunakan analisis regresi. Gambar 3 adalah contoh hubungan hujan-limpasan untuk untuk SWS Ciujung-Ciliman. Berdasar hubungan hujan-debit limpasan dan hujan rerata kawasan serta hujan andalan, dapat diperkirakan besar debit rerata dan andalan di setiap DPS. Debit tersebut adalah yang tersedia pada seluruh luas DPS, dengan kata lain debit yang tersedia di ujung hilir DPS.



Gambar 3. Hubungan hujan-limpasan untuk SWS Ciujung-Ciliman (201)

## KEBUTUHAN AIR

Kebutuhan air meliputi kebutuhan air untuk domestik (air rumah tangga) dan non domestik (pelayanan kantor, perniagaan, pariwisata, hidran, pelabuhan dsb.), industri, pemeliharaan sungai, perikanan, peternakan, dan irigasi. Kebutuhan air dihitung untuk kondisi saat ini (1995) dan tahun prediksi sampai 2020 dengan kelipatan tiap 5 tahun. Kebutuhan air domestik, non domestik dan pemeliharaan sungai diperkirakan berdasar jumlah penduduk saat ini dan tahun yang diproyeksikan. Jumlah penduduk dan tingkat pertumbuhannya diperoleh dari sensus penduduk tahun 1980 dan 1990. Kebutuhan air domestik dan non domestik dihitung berdasar jumlah penduduk dan konsumsi pemakaian air per kapita per hari. Jumlah penduduk dibedakan antara penduduk kota dan desa, karena konsumsi pemakaian air untuk keduanya berbeda. Konsumsi pemakaian air mengacu pada aturan yang diberikan oleh Direktorat Air Bersih (IWACO, 1989). Kebutuhan air industri berdasarkan jumlah karyawan (Nippon Koei Co., Ltd., 1995). Kebutuhan air untuk peternakan dan perikanan dihitung berdasar jumlah ternak (sapi, kerbau, kuda, kambing, domba, babi, unggas), dan luas tambak/kolam ikan. Data jumlah ternak diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) dari tahun 1984 sampai 1992. Dengan mengikuti kecenderungan (trend) dari data tersebut diprediksi jumlah ternak untuk tahun mendatang. Konsumsi pemakaian air untuk peternakan dan perikanan mengacu pada studi yang dilakukan oleh JICA (1993). Kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh kebutuhan air konsumtif untuk tanaman (Etc), penyiapan lahan (IR), penggantian lapis air (RW), perkolasi (P), hujan efektif (ER), efisiensi irigasi (IE), luas sawah (A) dan pemakaian air kembali (reuse-factor, RF). Data luas sawah didapat dari BPS tahun 1993. Untuk kondisi saat ini, efisiensi irigasi ditetapkan 0,5 dan pemakaian air kembali 0,0. Beberapa kriteria dari prediksi adalah peningkatan efisiensi irigasi dari 0,5 menjadi 0,65 dan pemakaian air kembali 0,05. Untuk mengetahui besar penghematan air apabila dilakukan peningkatan efisiensi irigasi, maka dalam studi ini dihitung pula prediksi kebutuhan air tanpa peningkatan efisiensi irigasi (dengan EI=0,5 dan RF=0,0).

Data luas areal irigasi (per kabupaten) diperoleh dari BPS, mulai tahun 1987 sampai 1993. Berdasarkan data tersebut luas areal irigasi cenderung menurun (berkurang) diwaktu yang akan datang. Untuk hitungan kebutuhan air irigasi, data luas areal irigasi yang digunakan adalah data dari BPS tahun 1993. Dalam hitungan prediksi kebutuhan air irigasi

diperhitungkan pengurangan luas sawah. Estimasi pengurangan luas sawah diberikan oleh Badan Pertanahan Nasional (Delft Hydraulics, 1989) yang diberikan dalam Tabel 2. Dalam studi ini pengurangan lahan irigasi yang digunakan adalah 10.500 ha/tahun, yang pembagiannya untuk masing-masing DPS dilakukan secara proporsional dengan luas total sawah.

Tabel 2. Pengurangan luas sawah per tahun di Jawa

Jenis Perkiraan	Pengurangan Luas Sawah per tahun (ha)		
	Sawah Tadah Hujan	Sawah Irigasi	Total
Perkiraan rendah	2000	4500	6500
Perkiraan sedang	5000	10500	15500
Perkiraan tinggi	7200	16800	24000

Semua data untuk menghitung kebutuhan air adalah data per-kabupaten. Selanjutnya data per kabupaten tersebut diubah untuk per DPS berdasar perbandingan luas kabupaten yang masuk di DPS yang ditinjau. Dengan menggunakan prosedur hitungan seperti yang dijelaskan di atas, dihitung kebutuhan air untuk masing-masing sektor di seluruh DPS pada saat ini dan berbagai tahun prediksi.

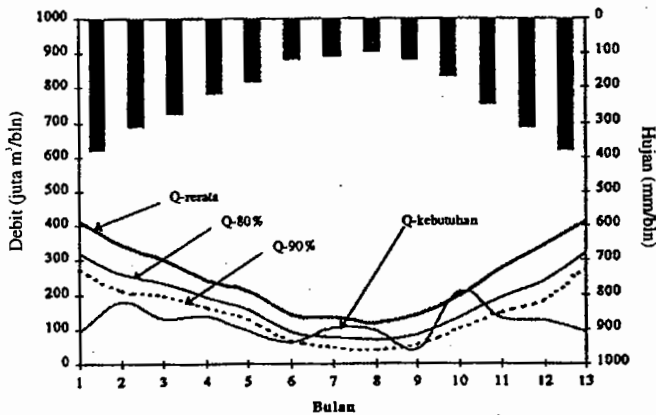
### KESEIMBANGAN AIR

Keseimbangan air di DPS diperoleh dengan membandingkan kebutuhan dan ketersediaan air untuk kondisi sekarang (1995) dan tahun-tahun yang diproyeksikan. Ketersediaan air didasarkan pada debit andalan 80%. Kebutuhan air non irigasi (domestik dan non domestik, industri, pemeliharaan sungai, peternakan dan perikanan) adalah konstan sepanjang tahun; sedang kebutuhan air irigasi dihitung secara bulanan. Dalam hitungan kebutuhan air irigasi, digunakan parameter berbeda untuk kondisi saat ini dan kondisi prediksi, seperti diberikan dalam Tabel 3.

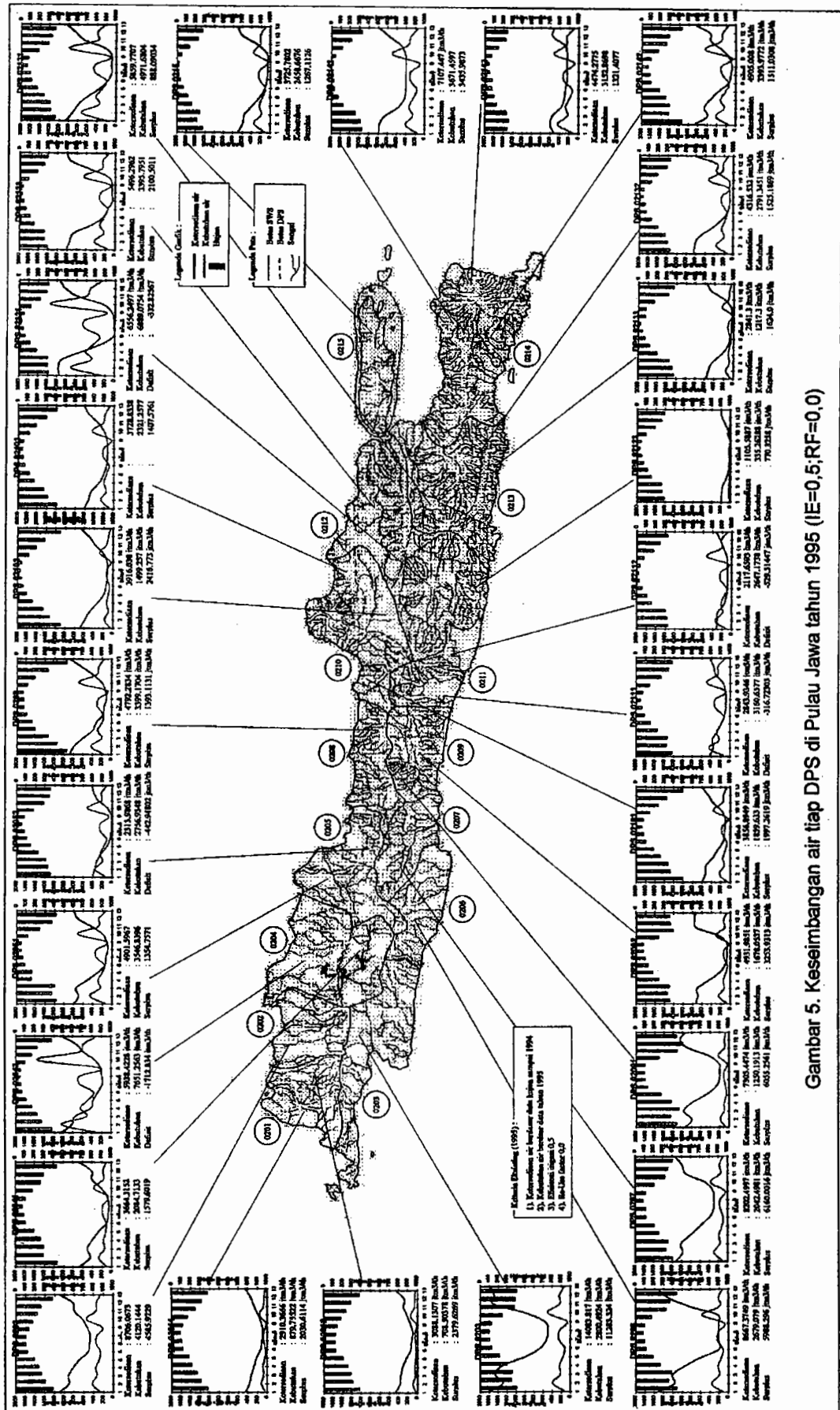
Tabel 3. Parameter yang digunakan dalam hitungan kebutuhan air irigasi

Parameter	Saat ini (1995)	Prediksi	
		Tanpa Peningkatan	Peningkatan
Luas sawah	Data 1995	Pengurangan	Pengurangan
Efisiensi irigasi	0,5	0,5	0,65
Reuse-factor	0,0	0,0	0,05

Dengan menggunakan parameter seperti diberikan dalam tabel tersebut dapat diketahui penghematan air dengan melakukan peningkatan efisiensi irigasi. Gambar 4 menunjukkan contoh grafik keseimbangan air bulanan di DPS Labuhan Merak. Dalam grafik tersebut ketersediaan air diberikan untuk debit rerata bulanan, andalan 80% dan 90%, sedang grafik kebutuhan sudah termasuk semua kebutuhan air. Kebutuhan air adalah kebutuhan maksimum yang harus disediakan untuk berbagai sektor. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan air melonjak tajam pada bulan Oktober, Februari dan Juli; di mana pada bulan-bulan tersebut sedang dilakukan pengolahan tanah/persiapan lahan. Pengolahan tanah membutuhkan jumlah air yang besar. Pada bulan Oktober dibutuhkan jumlah air yang besar karena bulan-bulan sebelumnya adalah musim kemarau di mana tanah kering, sementara kebutuhan pada bulan Februari lebih kecil karena kondisi tanah masih basah. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa apabila ketersediaan air didasarkan pada debit rerata bulanan, kebutuhan air sepanjang tahun masih bisa dilayani oleh air yang tersedia. Secara keseluruhan untuk sepanjang tahun terjadi surplus air. Tetapi apabila tinjauan didasarkan pada debit andalan 80% terjadi defisit air dari pertengahan bulan Juni sampai pertengahan Agustus dan dari pertengahan September sampai pertengahan Oktober. Untuk debit andalan 90% defisit air terjadi dalam waktu yang lebih panjang.



Gambar 4. Keseimbangan air di DPS Labuhan Merak tahun 1995



Gambar 5. Keseimbangan air tiap DPS di Pulau Jawa tahun 1995 (IE=0,5;RF=0,0)





menunjukkan peta keseimbangan air di Pulau Jawa untuk tahun 1995 dan tahun 2020. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa keseimbangan air di setiap bulan-bulan di mana terjadi defisit air atau surplus air. Dalam gambar tersebut diberikan pula ketersediaan air total dalam satu tahun serta besarnya defisit atau surplus air. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kebutuhan air pada tahun 2020 lebih kecil dari kebutuhan saat ini. Hal ini disebabkan karena telah dilakukannya efisiensi dan adanya pengurangan luas sawah.

Gambar 7 menunjukkan keseimbangan air bulanan di Pulau Jawa pada tahun 2020 dengan dan tanpa peningkatan efisiensi irigasi. Pada gambar tersebut, luasan yang diarsir menunjukkan volume air yang bisa dihemat dengan melakukan peningkatan efisiensi irigasi. Volume air yang bisa dihemat tersebut adalah 31,3 milyar  $m^3$ /tahun.

## KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa untuk seluruh Pulau Jawa, jumlah total tahunan air yang tersedia adalah 142,3 milyar  $m^3$ /tahun yang masih lebih besar dari kebutuhan air yaitu sebesar 77,8 milyar  $m^3$ /tahun; atau surplus air sebesar 64,5 milyar  $m^3$ /tahun. Untuk tahun-tahun prediksi di mana telah dilakukan efisiensi irigasi, kebutuhan air sekitar 60 milyar  $m^3$ /tahun; atau surplus air sebesar 82,3 milyar  $m^3$ /tahun. Jika ditinjau dari volume air tahunan, secara keseluruhan Pulau Jawa masih surplus air, tetapi bila ditinjau secara bulanan beberapa DPS banyak mengalami defisit air.

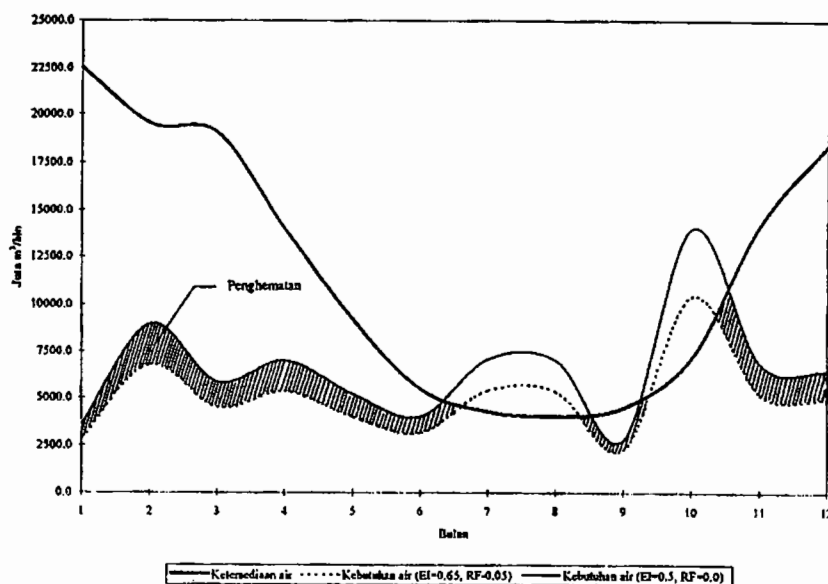
Dengan melakukan hitungan keseimbangan air untuk tahun prediksi 2020 dengan menggunakan efisiensi irigasi 0,5 dan reuse-factor 0,0 dan

peningkatan efisiensi irigasi menjadi 0,65 dan reuse-factor 0,05 diperoleh volume air yang bisa dihemat sebesar 31,3 milyar  $m^3$ /tahun.

Hasil studi menunjukkan bahwa beberapa DPS mengalami defisit air pada bulan-bulan tertentu, sementara pada bulan-bulan yang lain terjadi surplus air sehingga banyak air hujan yang dibuang ke laut. Beberapa DPS yang mengalami kondisi seperti itu hanya dapat ditanggulangi dengan membuat tampungan seperti waduk dan perbaikan lahan misalnya dengan penghijauan untuk mengurangi variasi debit bulanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Delf Hydraulics, Euroconsult, Puslitbang Pengairan, 1989, Cisadane-Cimanuk Integrated Water Resources Development (BTA-155).
- Dewan Riset Nasional, 1994, Kebutuhan riset dan koordinasi pengelolaan sumber daya air di Indonesia, Jakarta.
- JICA, 1993, The study for formulation of irrigation development program in the Republic of Indonesia.
- Multimera Harapan, 1996, Studi keseimbangan air di Pulau Jawa.
- Nippon Koei Co., Ltd., 1995, The study on Ciujung-Cidurian integrated water resources in Indonesia.
- Ram S. Gupta, 1989, Hydrology and hydraulic systems, Prentice Hall, New jersey.
- Sri Harto Br., 1993, Analisis Hidrologi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.



Gambar 7. Keseimbangan Air Bulanan di Pulau Jawa Tahun 2020 dengan dan tanpa Peningkatan Efisiensi Irigasi